



CHALMERS

Arbetsmetodik för val och test av hårdvara inom automationsindustri

Work Methodology for the Selection and Testing of Hardware in the Automation Industry

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Mekatronik

FELIX DJÄRV

JESPER SÖDERSTRÖM

INSTITUTIONEN FÖR ELEKTROTEKNIK

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 2023

www.chalmers.se

EXAMENSARBETE 2023

Arbetsmetodik för val och test av hårdvara inom automationsindustri

Work Methodology for the Selection and Testing of Hardware in the
Automation Industry

FELIX DJÄRV
JESPER SÖDERSTRÖM



CHALMERS

Institutionen för Elektroteknik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2023

Arbetsmetodik för val och test av hårdvara inom automationsindustri
Work Methodology for the Selection and Testing of Hardware in the Automation
Industry
FELIX DJÄRV
JESPER SÖDERSTRÖM

© FELIX DJÄRV & JESPER SÖDERSTRÖM, 2023.

Handledare: Johan Andersson, Rebl Industries AB
Examinator: Veronica Olesen, Institutionen för Elektroteknik

Examensarbete 2023
Institutionen för Elektroteknik
Chalmers tekniska högskola
SE-412 96 Göteborg
Telefon +46 31 772 1000

Författad i L^AT_EX
Göteborg, Sverige 2023

Arbetsmetodik för val och test av hårdvara inom automationsindustri
Work Methodology for the Selection and Testing of Hardware in the Automation
Industry

FELIX DJÄRV & JESPER SÖDERSTRÖM

Institutionen för Elektroteknik

Chalmers tekniska högskola

Sammanfattning

Automationsindustrin är större nu än någonsin tidigare och en välutvecklad arbetsmetodik för val och test av hårdvara är viktig för en effektiv utvecklingsprocess. Rebl Industries AB är ett företag som arbetar med flexibel automation. De hyr ut industrirobotar och automationslösningar till olika industrier.

Examensarbetet som den här rapporten presenterar har haft som mål att utveckla en arbetsmetodik som kan användas inom automationsindustrin. En arbetsmetodik består av idégenerering, brainstorming, idéutvärdering, testframtagning och testtolkning. De olika delarna i arbetsmetodiken togs fram genom att undersöka hur en arbetsmetodik ser ut och kan appliceras.

Den utvecklade arbetsmetodiken testades genom att ta fram ett kameralternativ till de robotar som Rebl Industries använder. Efter arbetet tillsammans med Rebl Industries utvärderades och justerades arbetsmetodiken utifrån de resultat som arbetet gav.

Resultatet av detta arbete är en arbetsmetodik för val och test av hårdvara inom automationsindustri.

Nyckelord: Arbetsmetodik, Idégenerering, Idéutvärdering, Testframtagning, Testtolkning, PoE.

Abstract

The automation industry is bigger now than it has ever been before and a well developed work methodology for hardware selection and testing is important for an efficient development process. Rebl Industries AB works with flexible automation. They lease out industrial robots and automation solutions to various industries.

The degree project that this report presents has had the goal of developing a work methodology that can be used within the automation industry. A work methodology consists of idea generation, brainstorming, idea evaluation, test development and test interpretation. The various parts of the work methodology were developed by examining how a work methodology is structured and applied.

The developed work methodology was tested by developing a camera alternative for the robots that Rebl Industries use. After the test the work methodology was evaluated and adjusted based on the results from the work with Rebl Industries.

The result is a work methodology for the selection and testing of hardware in the automation industry.

Keywords: Work methodology, Idea generation, Idea evaluation, Test development, Test interpretation, PoE.

Förord

Examensarbetet som denna rapport presenterar är utfört av Felix Djärv och Jesper Söderström inom högskoleingenjörsprogrammet Mekanik. Examensarbetet utfördes vid institutionen för Elektronik vid Chalmers tekniska högskola, för företaget Rebl Industries AB. Arbetet motsvarar 15 hp av de 180 hp som utgör högskoleingenjörsprogrammet och har genomförts i halvtakt under 20 veckor.

Vi vill tacka vår handledare Johan Andersson på Rebl Industries AB för god handledning och hjälp med arbetet. Vi vill även tacka vår examinator Veronica Olesen för vägledning och support genom arbetet.

Felix Djärv & Jesper Söderström, Göteborg, Juni 2023

Innehåll

1	Introduktion	1
1.1	Bakgrund	1
1.2	Syfte	1
1.3	Avgränsningar	1
1.4	Precisering av frågeställning	2
2	Metod	3
2.1	Utveckling av arbetsmetodik	3
2.2	Test av arbetsmetodik	3
2.3	Optimering av arbetsmetodik	3
3	Teori	5
3.1	Power over Ethernet	5
3.1.1	Hårdvara	5
3.1.2	PoE-standarder	5
3.2	Rebels workmate	6
4	Utveckling av arbetsmetodik	7
4.1	Teoretisk arbetsmetodik	7
4.1.1	Idégenerering	7
4.1.2	Brainstorming	8
4.1.3	Idéutvärdering	8
4.1.4	Testframtagning	9
4.1.5	Testtolkning	9
4.2	Test av arbetsmetodik	9
4.2.1	Specifikationer	10
4.2.2	Nuvarande lösning	11
4.2.3	Lösning 1	12
4.2.4	Lösning 2	13
4.2.5	Lösning 3	15
4.2.6	Lösning 4	17
4.2.7	Val av lösning	19
4.3	Utvärdering av arbetsmetodik	22
5	Resultat	25
5.1	Idégenerering	25
5.2	Idéutvärdering	25

Innehåll

5.3	Testframtagning	26
5.4	Testtolkning	26
5.5	Lösning till kameran	26
6	Diskussion	27
7	Slutsats	29
	Källförteckning	31

1

Introduktion

Automationsindustrin är större nu än vad den någonsin varit tidigare. Därför är det viktigt att det finns en välutvecklad arbetsmetodik för val och test av hårdvara för att effektivisera utvecklingsprocessen.

1.1 Bakgrund

Rebl industries AB arbetar med flexibel automation och de beskriver sin verksamhet som ett bemanningsföretag som hyr ut industrirobotar och automationslösningar till olika industrier. De jobbar i första hand med mjukvaran till de olika lösningarna och köper in hårdvara istället för att bygga egna robotar eller annan hårdvara. Arbetsmodellen går ut på att ha ett modulärt och anpassningsbart system som möjliggör att ett helt nytt system inte behöver utvecklas till varje ny kund. Det ska gå att plocka ihop de delarna som behövs från tidigare projekt. Då nya tekniker och nya hårdvaror kommer ut på marknaden vill Rebl Industries AB ha en arbetsmetodik för att välja ut och testa dessa på ett effektivt och praktiskt sätt.

1.2 Syfte

Projektets syfte är att utveckla en arbetsmetodik som ska användas till att välja ut och utvärdera hårdvara i en produktutvecklingsprocess. Arbetsmetodiken ska sedan testas genom att ta fram en alternativ lösning till ett kameraproblem som Rebl Industries har.

1.3 Avgränsningar

För att avgränsa projektets omfattning har nedanstående avgränsningar bestämts.

- Arbetsmetodiken ska inte vara utformad för någon annan industri än automationsindustrin
- Arbetsmetodiken ska inte vara utvecklad för en specifik produkttyp
- Arbetsmetodiken kommer endast vara utformad för val och test av hårdvara

1.4 Precisering av frågeställning

Arbetsmetodiken ska vara utformad för att ta reda på relevanta krav och specifikationer för valet av hårdvaran samt testa hårdvaran med relevanta tester. De frågorna som denna rapport kommer att besvara är:

- Hur genereras lösningsalternativ?
- Hur evalueras lösningsalternativ efter specifikationer och krav?
- Hur ställs lösningsalternativ emot varandra?

2

Metod

Arbetet var uppdelat i tre delar, utveckling av arbetsmetodik, test av arbetsmetodik och optimering av arbetsmetodik. De olika delarna resulterade i en arbetsmetodik som går att använda för val och test av hårdvara i en produktutvecklingsprocess.

2.1 Utveckling av arbetsmetodik

Arbetet inledes med förstudier och insamling av information om hur arbetsmetodiker kan se ut. Informationssökningen gick sedan in på djupet för att hitta relevanta källor på hur arbetsmetodiker går till med avseende för val och test av hårdvara.

2.2 Test av arbetsmetodik

Då arbetsmetodiken var utvecklad testades den genom att ta fram lösningsalternativ till ett kameraproblem som Rebl Industries har. Metodiken som testades var den som togs fram utifrån det teoretiska arbetet.

2.3 Optimering av arbetsmetodik

När den utvecklade arbetsmetodiken blivit beprövad med val och test av kamera-lösningar utvärderades den. Det undersöktes sedan om metodiken var relevant och om den på något sätt kunde förbättras.

3

Teori

Detta kapitel innehåller den tekniska teorin för arbetet med Rebl Industries AB.

3.1 Power over Ethernet

Power over ethernet (PoE) är tekniken där en ethernetkabel används för både dataöverföring och strömförsörjning [1]. PoE har blivit en väsentlig del i många applikationer på grund av enkelheten av att endast behöva använda en kabel.

3.1.1 Hårdvara

För att kunna använda PoE-funktionen krävs det att den hårdvaran som används följer standarder som är kompatibla [1]. Några exempel på hårdvarutyper som använder PoE är Powered Device och Power Sourcing Equipment.

En Powered Device (PD) är enhet som kan drivas med hjälp av PoE [1]. PD-enheter är utrustade med en PD-port vilket är en nätverksport som både kan ta emot ström och nätverkssignaler [2]. Några exempel på denna typ av hårdvara är IP-kameror, sensorer, routrar och PoE-splitters.

Power Sourcing Equipment (PSE) förser ström till PoE-systemet [3]. De vanligaste PSE-enheterna är PoE-switchar och PoE-injektorer och valet vilken PSE-enhet som ska användas baseras på användningsområdet och hur många PD-enheter som ska användas. PoE-injektorer slår ihop strömtillförseln med signalen till en PoE-signal och skickar vidare den till en PD via en ethernetkabel. PoE-switchar har en inbyggd PoE-injektor vilket betyder att det går att koppla dem direkt till en PD.

3.1.2 PoE-standarder

Det finns både officiella PoE-standarder och icke standardiserade alternativ. Beroende på hur systemet ser ut eller vilken hårdvara som används kan det finnas olika användningsområden för båda typerna.

Det finns ett antal officiella standarder när det kommer till strömförsörjning via ethernetkabel [2]. Några av dessa är IEEE 802.3af (PoE), IEEE 802.3at (PoE+) och IEEE 802.3bt (PoE++). Den huvudsakliga skillnaden mellan standarderna är hur mycket effekt en PD kan få från PSE-enheten. Där en enhet med PoE-standard kan dra upp till 13 W (watt), en med PoE+-standard kan dra upp till 25.5 W och en

enhet med PoE++-standard kan dra upp till 71 W.

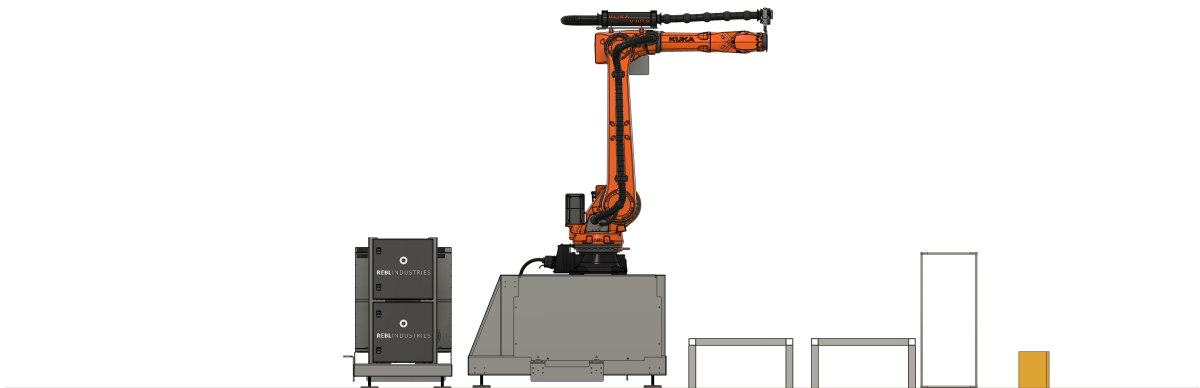
Dessa standarder är till viss del kompatibla med varandra vilket betyder att en PD som följer PoE-standarderna kan bli strömförsörjd av en PSE-enhet som följer PoE+-standarderna men en PD som följer PoE+-standarderna fungerar inte tillsammans med en PSE-enhet som följer PoE-standarderna [2]. Detta är för att PSE-enheten inte uppfyller strömbehovet för PD:n.

De ovan nämnda PoE-standarderna är optimerade för säkerhet [4]. När en enhet blir inkopplad kontrollerar PSE:n först att enheten som blir inkopplad är en PoE-enhet med en kompatibel standard innan den börjar strömförsörja enheten. Om enheterna inte är kompatibla med varandra skickar PSE:n inte någon ström och PD-enheten startar inte. PoE-standarder med den här typen av kontroll brukar kallas för "aktiv PoE".

Det finns även en icke standardiserad strömförsörjningslösning som vissa märkesspecifika hårdvaror använder sig av som kallas "passiv PoE" [2]. Passiv PoE använder också tekniken där både ström och signaler skickas genom en ethernetkabel. Skillnaden från de officiella standarderna är att den här typen av hårdvara inte kontrollerar om enheterna är kompatibla med varandra, vilket kan leda till att enheter matas med en fel spänning [1] [4]. Det är därför viktigt att veta att den här typen av enheter som kopplas ihop är kompatibla, annars kan den elektriska utrustningen förstöras. Hårdvara som använder passiv PoE använder vanligen 24 V.

3.2 Rebls workmate

Den tekniska plattform som lösningen ska vara en del av är Rebls workmate vilket används till arbetsuppgifter som är repetitiva och potentiellt farliga. Rebls workmate kan även utföra arbeten med stor precision och hög hastighet och den är relativt enkel att modifiera för nya ändamål. Kameran ska sitta längst ut på robotarmen och den kommer användas till att se saker som roboten ska arbeta med. Med den informationen som roboten får in från kameran kan den avgöra hur den ska röra sig för att lösa uppgiften. Rebls workmate går att se i Figur 3.1.



Figur 3.1: Rebls workmate samt kringliggande komponenter till systemet.

4

Utveckling av arbetsmetodik

Framtagningen av arbetsmetodiken delades upp i två delar, en teoretisk och en praktisk. Den teoretiska delen bestod av informationssamling om hur en arbetsmetodik kan se ut samt om de olika stegen som en arbetsmetodik kan bestå av. Utifrån informationssamlingen togs en teoretisk arbetsmetodik fram. Den teoretiskt framtagna arbetsmetodiken användes sedan praktiskt för att lösa Rebl Industries kameraproblem. Under det praktiska testet av arbetsmetodiken uppkom brister med den teoretiska arbetsmetodiken. Dessa brister uppmärksammades och arbetsmetodiken optimerades.

4.1 Teoretisk arbetsmetodik

Företag är olika och gör därför inte nödvändigtvis sin utvecklingsprocess på samma sätt. En del följer ett strikt system medan andra är mer anpassningsbara. En väldefinierad utvecklingsprocess har många fördelar som kvalitetssäkring, samordning, planering, ledning och förbättring [5].

- Kvalitetssäkring: Utvecklingsprocesser har planerade faser och avstämnings-tillfällen. Om dessa är välplanerade och följs är det en bra indikation på att kvaliteten på resultatet blir bra
- Samordning: Med bra samordning blir rollerna och ansvarstagandet tydliga. Alla vet vad som behöver göras, när det ska göras och varför det faktiskt görs
- Planering: Utvecklingsprocesser har, som det har nämnts tidigare, faser och avstämnings-tillfällen. En bra planering sätter ut dessa faser och avstämnings-tillfällen för att se till att projektet går som det var tänkt
- Ledning: Genom att jämföra planeringen med det verkliga tillståndet kan projektet stämmas av
- Förbättring: En konkret och bra grund att stå på gör det lättare att följa upp och göra förbättringar

4.1.1 Idégenerering

Det går att argumentera för att idégenereringen är den viktigaste delen i hela utvecklingsprocessen. Utan en bra start och framför allt en bra grund att stå på är det en stor risk att hela arbetet faller isär. Även om arbetet inte faller isär blir hela processen jobbigare, mer tidskrävande och framför allt rörigare om det inte finns en

bra grund att utgå ifrån.

Idégenereringen är olika beroende på den industri det utförs i men det finns genomgående likheter i att de grundläggande kraven för hårdvaran tas fram först och att idégenereringen ska fokusera på att uppfylla dessa krav.

Planeringen för ett projekt utförs ofta innan godkännandet och lanseringen av produktutvecklingsprocessen [5]. Den är till för att ta reda på marknadsmålen, affärsmålen, nyckelantaganden och vilka begränsningar som finns. Alla de olika kriterierna kommer inte ha samma påverkan på det slutgiltiga valet av hårdvara. För att besluta om vilka kriterier som anses ha störst påverkan måste de olika kriterierna rangordnas [6]. Kriterierna ställs upp i fallande ordning från viktigast till minst viktigt och detta görs genom att analysera dem utifrån företagets önskemål.

4.1.2 Brainstorming

Brainstorming är användningen av den individuella och kollektiva kunskapen och kreativiteten för att generera lösningskoncept [5]. Det handlar om att plocka användbar information och applicera den på problemet som ska lösas.

Det finns flera brainstorming-metoder där alla har sina olika fördelar, varav den första metoden är traditionell brainstorming vilket är när en grupp aktivt deltar i en dialog och delar med sig av sina idéer samt diskuterar, kritiserar, bygger vidare på och kombinerar varandras idéer [7]. Den andra metoden är nominell brainstorming där deltagarna istället sitter själva och tänker utan att diskutera med varandra. Det är fortfarande okänt om den nominella metoden resulterar i idéerna med bäst kvalitet men det är visat att den genererar fler idéer än traditionell brainstorming. I industrier med design- och ingenjörsarbete är det vanligast att använda traditionell brainstorming men det har visat sig att ingen större skillnad på den kreativa processen uppstår om den traditionella eller nominella brainstorming-metoden används.

För att dra nytta av både den traditionella och nominella brainstorming-metoden bör deltagarna förberedas i förväg vilket ger dem möjlighet att tänka på problemet själva innan de inleder en brainstorming-session där de kan diskutera med varandra [8]. Att arbeta på detta sätt resulterar i en blandning av fler idéer från det individuella arbetet i nominell brainstorming och gruppdiskussionen i traditionell brainstorming.

4.1.3 Idéutvärdering

Under idégenereringen och konceptutvecklingen är det vanligt att många idéer tas fram och det är därför viktigt att kunna avgöra om en idé eller ett koncept är bra eller inte. Idéutvärdering kan delas upp i olika nivåer varav den första är intuition vilket identifieras av snabba omdömen baserat på tidigare erfarenheter [9]. Den andra är rationella beslut. Enligt detta system är en idé av hög eller låg kvalitet om den uppfyller de kriterier som anses vara relevanta, däribland företagsorienterade

eller användarorienterade kriterier som lönsamhet eller användarvärde. Det tredje systemet används när det är oklarheter i vad idégivaren menar och det kan då gå att minska osäkerheten genom att tolka idébeskrivningen på sitt eget vis. Detta tydliggör då idébeskrivningen med hjälp egna erfarenheter.

4.1.4 Testframtagning

För att kunna utvärdera de alternativ som har tagits fram under idégenereringen och brainstormingen behöver tester utföras. En väl utförd testfas leder till ett bättre resultat då de lösningsalternativ som inte uppfyller kraven tas bort.

Utförandet av testerna är en kritisk punkt för framtagningen av lösningar [5]. Därför är det viktigt att framtagningen av tester utförs på ett konkret sätt och att målen med testet eller testerna är väl definierade. Testen ska även vara genomförbara på ett sätt som gör att resultaten blir tydliga. Görs inte detta riskerar bedömningen och valet av lösning att inte bli rättvis, vilket kan leda till att den lösning som är mest lämpad inte blir vald.

Det är inte praktiskt att genomföra tester på ett för stort antal lösningsalternativ [8]. Därför är det viktigt att välja ut ett färre antal lösningsalternativ som ska testas, för att spara på resurser och tid.

4.1.5 Testtolkning

Då de kategorier som ska testas har bestämts blir lösningsalternativen tilldelade olika värden beroende på hur viktiga de anses vara [5]. De tilldelade värdena multipliceras med poängen som lösningsalternativet får från testet. Från detta fås ett värde för hur bra en lösning klarade en kategori. Då alla testerna är gjorda adderas värdena ihop till en summa som kan användas för att jämföra de olika lösningsalternativen. Alternativet med högst resultat är det som bör vara det bästa men behöver inte vara det som blir valt. Det går att avstå från ett alternativ eller välja ett annat på grund av andra anledningar som inte är tekniska eller konkreta (till exempel att köpa från ett visst företag även om den produkten inte är den bästa).

4.2 Test av arbetsmetodik

För att testa den framtagna arbetsmetodiken utförs ett arbete tillsammans med Rebl Industries AB. De använder en kamera till sina robotar, men den som Rebl Industries använder i nuläget har slutat tillverkas. Den framtagna arbetsmetodiken användes till att ta fram och utvärdera en ny kamera eller potentiellt en annan lösning till problemet.

Arbetet började med att ta fram specifikationer och krav för vad lösningen skulle uppfylla. Efter det utfördes en brainstorming session där det togs fram potentiella

lösningar. Eftersom uppgiften var relativt liten kunde idégenereringen snabbt genomföras vilket mynnade ut i ett fåtal lösningar som kunde användas för att lösa problemet och som även var genomförbara. Arbetet hoppade då över det steg i arbetsmetodiken där många olika lösningar tas fram. Istället gick arbetet direkt vidare med fyra alternativ som uppfyllde de krav som ställts på lösningen.

4.2.1 Specifikationer

Tillsammans med Rebl Industries togs de specifikationer som lösningen skulle uppfylla fram. Specifikationerna delades in i olika prioritetsnivåer för att skilja på mer och mindre viktiga specifikationer. Nedan följer specifikationerna som togs fram tillsammans med Rebl Industries AB, samt vilken prioritet de olika specifikationerna har.

Prioritet 1

- Möjlighet att monteras i robotverktyg utan att kräva fler kablar än Rebls standard (luft, signal, spänningsmatning 24V)
- Kamera skall vara av typen "bullet" avsedd för övervakningen eller liknande i prisklass (lägre) spann 1000 - 5000 SEK
- Autofokus
- Programmatiska möjligheter att hämta bilder
- Möjlighet att skruvas fast
- Få rörliga delar
- Ethernetkommunikation
- Minst 4MP (mega pixel)
- Upplösning minst 1920x1080

Prioritet 2

- "stel infästning" eller att den går att bygga om eller installera stelt

Prioritet 3

- Färdiga gränssnitt för att mjukvarumässigt styra funktioner (installering, inspelningar bildtagning) (via MQTT eller annat)

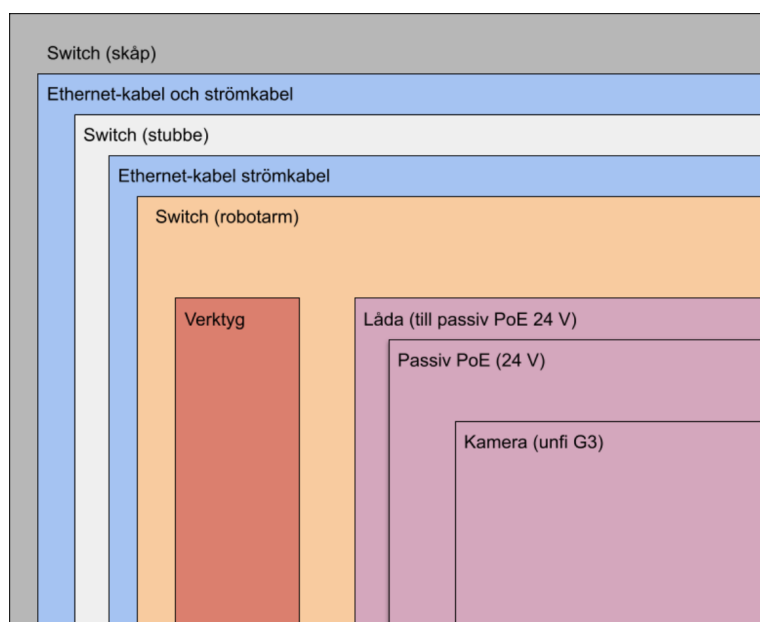
För att använda specifikationerna på ett konkret sätt behövdes ett poängsystem skapas. Tillsammans med Rebl Industries gavs specifikationer i prioritet 3 ett poängvärde 1, specifikationer i prioritet 2 poängvärde 2 och specifikationer i prioritet 1 poängvärde 3. Om det hade funnits fler prioritetsnivåer hade de följt det poängmönster som prioritet 1 till 3 följer.

De fyra lösningarna som undersöktes vidare klarade alla de specifikationer som hade bestämts. Nedan följer den nuvarande lösningen, de fyra lösningsförslag som har tagits fram under projektets gång samt vilken av de nya lösningarna som ansågs passa bäst för att lösa kameraproblemet.

4.2.2 Nuvarande lösning

Rebl Industries har en kompakt teknisk plattform som är uppbyggd i flera nivåer som visas i Figur 4.1. Dessa nivåer är uppbyggda på ett sådant sätt att varje nivå påverkar de nivåerna under. Kameraproblemet är på den lägsta nivån och påverkas därför av de delar som ligger på högre nivåer i den tekniska plattformen.

Den nuvarande lösningen är en improviserad lösning med en passiv PoE som skapas genom att kombinera en strömkabel och en ethernetkabel i en låda som Rebl Industries har designat och konstruerat själva. De har löst det på detta sätt eftersom att Rebl Industries vill använda strömmen från strömkabeln till de verktyg som sitter längst ut på robotarmen. Med hjälp av switchar har Rebl Industries lyckats koppla på ett sätt som möjliggör att de både kan förse sina verktyg på roboten med 24 V spänning samtidigt som de slår ihop en strömkabel med en ethernetkabel för att skapa en passiv PoE. Det är gjort på det här sättet för att endast behöva använda en 24 V kabel, en ethernet kabel, samt en tryckluftsslang till de verktyg som använder det. En representation av den tekniska plattformen skapades vilket visas i Figur 4.1.



Figur 4.1: Representation av teknisk plattform för nuvarande lösning

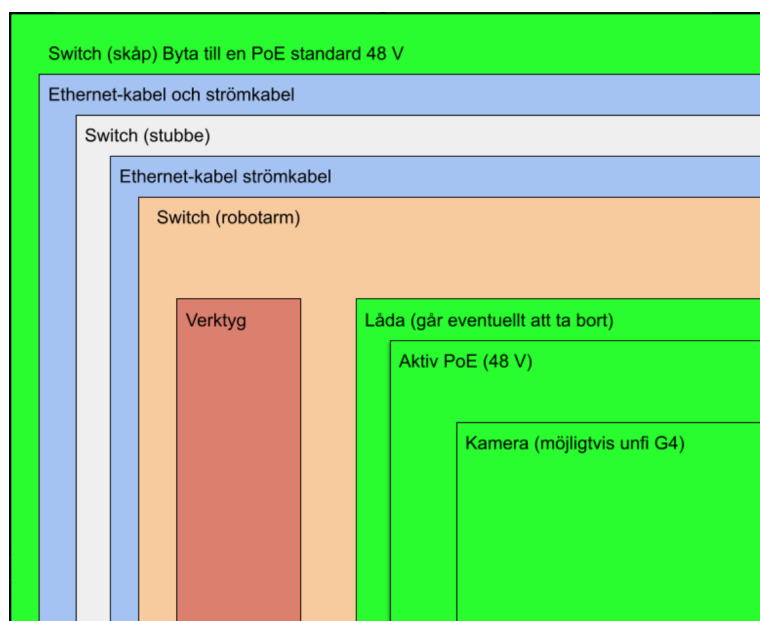
Figur 4.1 presenterar hur systemet är uppbyggt baserat på lager. Det är presenterat på det här sättet för att enklare visualisera hur systemet är uppbyggt och hur det kopplas till den verkliga roboten som visas i Figur 3.1. Figur 4.1 är även uppbyggt av specifika färger, det är ett medvetet beslut att presentera bilden på det här sättet eftersom att det blir då lättare att koppla den till den verkliga roboten, samt det gör det enklare att se skillnaderna mellan den nuvarande lösningen och de fyra lösningarna som har tagits fram för att potentiellt kunna lösa kameraproblemet som tidigare beskrivits. De fyra lösningarna presenteras nedanför.

Det togs fram olika lösningsalternativ som både var på samma nivå som den nuva-

rande lösningen, och lösningsalternativ som ändrar systemet på högre nivå för att på det sättet öppna upp en lösning på den lägsta nivån.

4.2.3 Lösning 1

Lösning 1 går ut på att det nuvarande systemet som använder 24 V Passiv PoE byts ut mot en av de officiella PoE-standarderna. En representation av den tekniska plattformen skapades för att visa vilken nivå lösning 1 befinner sig på. Den här representationen visas i Figur 4.2.



Figur 4.2: Representation av teknisk plattform för lösning 1

Den här lösningen är på en hög nivå inom den tekniska plattformen vilket visas i Figur 4.2. Detta betyder att en sådan lösning skulle kräva att en stor del av systemet görs om. Det skulle innebära till exempel att nya kablar behöver dras igenom roboten, nya switchar som kan hantera den nya spänningen behöver införskaffas och verktyg och komponenter behöver bytas ut eller modifieras.

Fördelarna med att byta till en officiell standard är bland annat att det finns ett större utbud av komponenter och produkter (med avseende på kameraproblemet) jämfört med den inofficiella standarden som används idag. Nackdelen är att det här som tidigare nämnt är en lösning på en högre nivå vilket betyder att en större del av den tekniska plattformen skulle behöva göras om, både på en högre och lägre nivå. Det skulle förmodligen kräva stora investeringar och ombyggnationer av systemet vilket kräver både resurser och framför allt tid.

En jämförelse av olika kameraalternativ till lösning 1 gjordes. Jämförelsen visas i Tabell 4.1

Tabell 4.1: Jämförelse av olika kameraalternativ till lösning 1

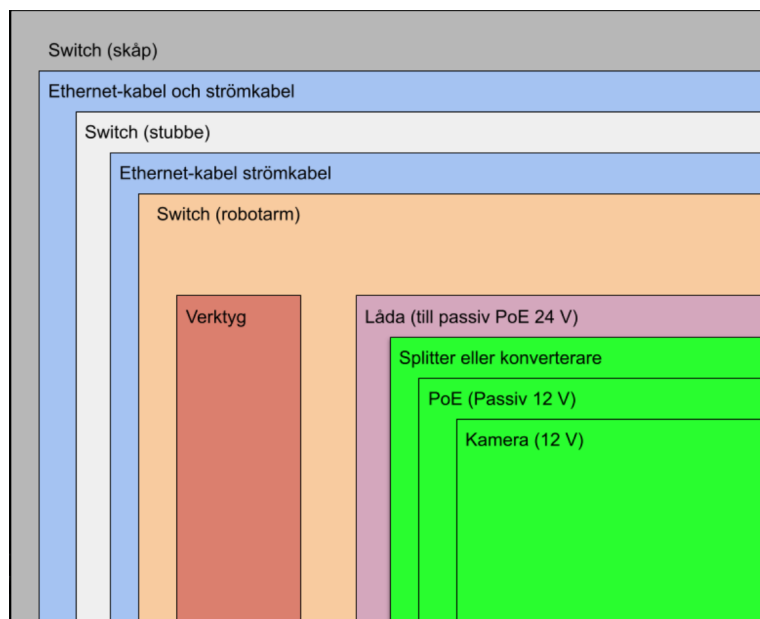
Lösning 1	Unify g4	Unify g4 pro	Avtech avm5547	AVTECH AVM565
Prio 1				
Pris	1990 Kr	4739 Kr	3999 Kr	4999 Kr
Autofokus	Nej	Ja	Ja	Ja
Hämta bilder	Ja	Ja	Okänt	Okänt
Skruva fast	Ja	Ja	Ja	Ja
Antal pixlar	4MP	8MP	5MP	2MP
Få rörliga delar	Ja	Ja	Ja	Ja
Ethernet	Ja	Ja	Ja	Ja
Minst 1920x1080	2688x1520	3840x2160	2592x1944	1920x1080
Prio 2				
Stel infästning	Okänt	Okänt	Okänt	Ja
Prio 3				
Färdigt gränssnitt	Ja	Ja	Okänt	Okänt

De kameror som jämfördes bedömdes utifrån de specifikationer som togs fram. Det gjordes för att få en tydligare bild av hur de olika kamerorna till lösningen står sig mot varandra.

4.2.4 Lösning 2

Lösning 2 utgår från den nuvarande lösningen men istället för att använda 24 V passiv PoE är tanken att lösningen ska konvertera ner spänningen och dela upp PoE-kabeln i en strömkabel och en ethernetkabel för signalen. Kameraalternativen som är tänkt till denna lösning har två ingångar och därför krävs en ethernetkabel för signalen och en strömkabel med spänningsmatning på 12 V. Som visas i Figur 4.3 påverkar denna lösningen bara den tekniska plattformen på en lägre nivå.

En representation av den tekniska plattformen skapades för att visa vilken nivå lösning 2 befinner sig på. Den här representationen visas i Figur 4.3.



Figur 4.3: Representation av teknisk plattform för lösning 2

Att lösa problemet på det här sättet ger många fördelar varav den största är att det är en lösning på låg nivå i den tekniska plattformen. Det betyder att det inte krävs någon förändring högre upp i systemet. Detta gör att lösningen kan installeras snabbt och smidigt samt gör det enklare att göra justeringar om det skulle behövas. De komponenter som ingår i lösningen finns tillgängliga och det finns flera produkter som tillfredsställer lösningen. Detta gör att lösningen är hållbar under en längre framtid eftersom om en eller flera produkter skulle sluta tillverkas finns det alternativ som kan fylla platsen istället. Även om denna lösning kanske inte uppfyller kraven lika bra är den smidigare än att behöva byta eller förändra någonting längre upp i den tekniska plattformen.

Nackdelen med denna lösning är också att det införs flera komponenter i systemet vilket ökar chansen för att någonting kan gå sönder eller slutar att fungera. Det kan även bli problem med plats på verktyget och hur de olika komponenterna ska fästas.

En jämförelse av olika kameraalternativ till lösning 2 gjordes. Jämförelsen visas i Tabell 4.2

Tabell 4.2: Jämförelse av olika kameraalternativ till lösning 2

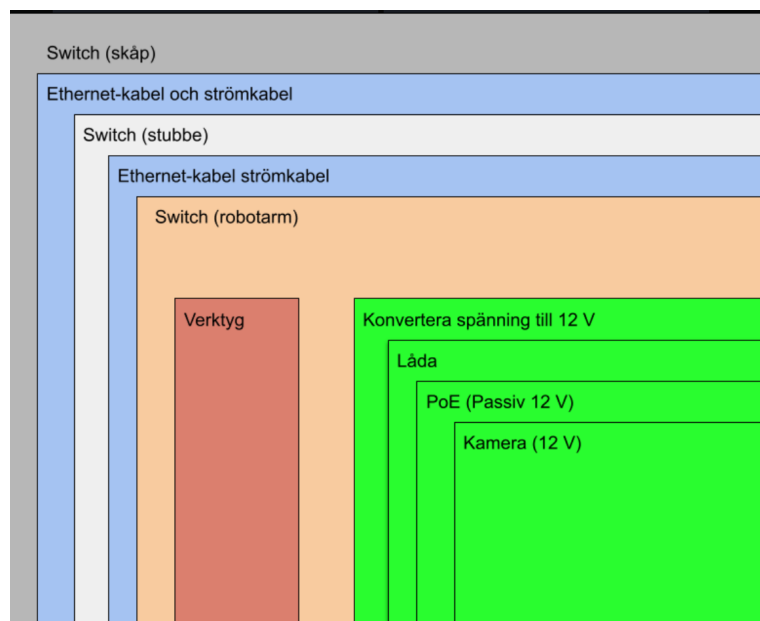
Lösning 2	The Genie PWIP4BVAF	CCTV	Micron 4MP	Micron 8MP	The Genie PWIP4BVAF
Prio 1					
Pris	1207 kr	2400 kr	Okänt	Okänt	1670 kr
Autofokus	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Hämta bilder	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Skruva fast	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Minst 4 MP	4MP	8MP	4MP	8MP	8MP
Få rörliga delar	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Ethernet	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Minst 1920x1080	1920x1080	3840x2160	2592x1520	3840x2160	3840x2160
Prio 2					
Stel infästning	Okänt	Okänt	Okänt	Okänt	Okänt
Prio 3					
Färdigt gränssnitt	Okänt	Okänt	Okänt	Okänt	Okänt

De kameror som jämfördes bedömdes utifrån de specifikationer som togs fram. Det gjordes för att få en tydligare bild av hur de olika kamerorna till lösningen står sig mot varandra.

4.2.5 Lösning 3

Lösning 3 är lik lösning 2 i och med att den använder sig av 12 V, men istället för att växla ner spänningen efter lådan används en resistor för att växla ner spänningen innan eller i lådan då det fortfarande är uppdelat i en ethernetkabel och en strömkabel. Detta hade för det mesta resulterat i samma kameraalternativ som lösning 3. Det skulle fungera med kameror som kräver att ström och data delas upp, men också med kameror som använder 12 V passiv PoE.

En representation av den tekniska plattformen skapades för att visa vilken nivå lösning 3 befinner sig på. Den här representationen visas i Figur 4.4.



Figur 4.4: Representation av teknisk plattform för lösning 3

Att lösa problemet på det här sättet gör att det bara behövs en resistor vilket är en enkel komponent att få tag på och implementera. Det enda som behövs är att resistorn har rätt resistans vilket ger att spänningen och strömmen blir rätt för kameran. Kamerorna som kan användas till denna lösning är samma som i lösning 2. Signalen kan behöva delas upp igen efter att den satts ihop i lådan. Ett annat sätt som den här lösningen skulle kunna göras på är att ta bort lådan, vilket ger två kablar direkt istället för en kabel från lådan. Eftersom en del kameror fungerar med två kablar också, en ethernetkabel och en strömkabel.

Nackdelar med den här lösningen är att om lösningen har kvar lådan som den nuvarande lösningen har skapas ett onödigt steg som kan tas bort från kopplingen. Problemet är då att lådan behöver tas bort och kablar och komponenter behöver kopplas bort, vilket gör den här lösningen mer opraktisk att installera. Det skulle även kunna bli problem med hur resistorn ska fästas, eftersom strömkabeln som går in fortfarande måste ha rätt form. Frågan blir om resistorn ska sättas före kabeln, i kabeln eller efter kabeln och hur de olika scenarierna skulle monteras på roboten. Oklarheter som de ovannämnda bidrar också negativt till hur lätt lösning 3 potentiellt kan integreras i det nuvarande systemet.

En jämförelse av olika kameraalternativ till lösning 3 gjordes. Jämförelsen visas i Tabell 4.3.

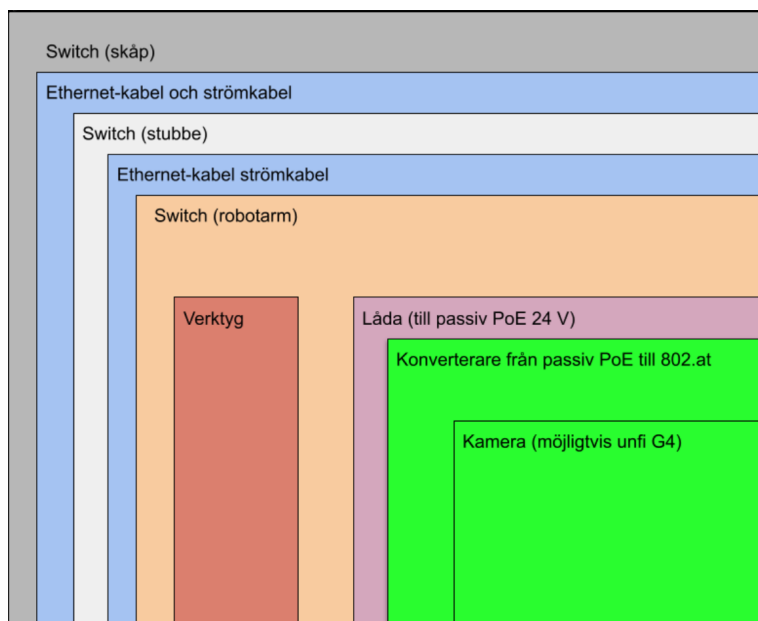
Tabell 4.3: Jämförelse av kameraalternativ till lösning 3

Lösning 3	The Genie PWIP4BVAF	CCTV	Micron 4MP	Micron 8MP	The Genie PWIP4BVAF
Prio 1					
Pris	1207 kr	2400 kr	Okänt	Okänt	1670 kr
Autofokus	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Hämta bilder	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Skruva fast	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Minst 4 MP	4MP	8MP	4MP	8MP	8MP
Få rörliga delar	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Ethernet	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Minst 1920x1080	1920x1080	3840x2160	2592x1520	3840x2160	3840x2160
Prio 2					
Stel infästning	Okänt	Okänt	Okänt	Okänt	Okänt
Prio 3					
Färdigt gränssnitt	Okänt	Okänt	Okänt	Okänt	Okänt

De kameror som jämfördes bedömdes utifrån de specifikationer som togs fram. Det gjordes för att få en tydligare bild av hur de olika kamerorna till lösningen står sig mot varandra.

4.2.6 Lösning 4

Lösning 4 bygger på en konverter som konverterar 24 V passiv PoE till den standarden 802.3af/at 35W PoE som går att läsa mer om i 3.1.2. En representation av den tekniska plattformen skapades för att visa vilken nivå lösning 4 befinner sig på. Den här representationen visas i Figur 4.5.



Figur 4.5: Representation av teknisk plattform för lösning 4

Att lösa problemet på det här sättet ger många fördelar varav den största är att det inte krävs någon förändring högre upp i den tekniska plattformen. Detta ger att lösningen kan installeras snabbt och smidigt. Lösningensalternativ 4 är även baserat på den nuvarande lösningen vilket gör det enklare att göra justeringar senare om det skulle önskas. De komponenter som ingår i lösningen finns tillgängliga och det finns flera kameraalternativ som fungerar med lösningen. Detta bidrar till hur hållbar lösningen är för även om en eller flera produkter skulle försvinna finns det alternativ som kan fylla platsen.

En nackdel med denna lösning är att konverteraren inte är gjord för industrimiljö. Det betyder att man skulle behöva installera den i en kopplingslåda för annars klarar den inte av de förhållanden som systemet utsätts för. En annan nackdel är att den inför en till komponent i systemet vilket leder till en större risk för att någonting fallerar, samt att det kan bli problem med hur de olika komponenterna ska fästas.

En jämförelse av olika kameraalternativ till lösning 4 gjordes. Jämförelsen visas i Tabell 4.4.

Tabell 4.4: Jämförelse av kameraalternativ till lösning 4

Lösning 4	Unify g4	Unify g4 pro	Avtech avm5547	Avtech avm565
Prio 1				
Pris	1990 Kr	4739 Kr	3999 Kr	4999 Kr
Autofokus	Nej	Ja	Ja	Ja
Hämta bilder	Ja	Ja	Okänt	Okänt
Skruva fast	Ja	Ja	Ja	Ja
Antal pixlar	4MP	8MP	5MP	4MP
Få rörliga delar	Ja	Ja	Ja	Ja
Ethernet	Ja	Ja	Ja	Ja
Minst 1920x1080	2688x1520	3840x2160	2592x1944	1920x1080
Prio 2				
Stel infästning	Okänt	Okänt	Okänt	Ja
Prio 3				
Färdigt gränssnitt	Ja	Ja	Okänt	Okänt

De kameror som jämfördes bedömdes utifrån de specifikationer som togs fram. Det gjordes för att få en tydligare bild av hur de olika kamerorna till lösningen står sig mot varandra.

4.2.7 Val av lösning

För att avgöra vilken av de fyra ovanstående lösningarna som är bäst genomfördes en idéutvärdering enligt den teorin som beskrivs i 4.1.3. Det upptäcktes att de kriterier som tagits fram till kameran inte var tillräckliga för att välja ut en lösning på ett konkret sätt. Därför togs det fram andra kriterier som går att jämföra på ett mer konkret sätt. Exempel på de nya kriterierna är hållbarhet och hur bra lösningen passar in i den tekniska plattformen. Nedanför följer en lista på de kriterier som användes vid jämförelsen och vad poängen motsvarar.

Finns fler produkter som fungerar

0. Det finns totalt ett eller inga alternativ som fungerar i lösningen
1. Det finns totalt två alternativ som fungerar i lösningen
2. Det finns totalt tre alternativ som fungerar i lösningen
3. Det finns totalt fyra alternativ som fungerar i lösningen
4. Det finns totalt fem alternativ som fungerar i lösningen
5. Det finns totalt sex eller fler alternativ som fungerar till lösningen

Tillgänglighet

0. Alternativet finns inte att köpa
1. Ett alternativ finns att köpa
2. Två alternativ finns att köpa

3. Tre alternativ finns att köpa
4. Fyra alternativ finns att köpa
5. Fem eller fler alternativ finns att köpa

Hållbarhet

0. Det finns inget alternativ till lösningen
1. Det finns ett alternativ till lösningen
2. Det finns två alternativ till lösningen
3. Det finns tre alternativ till lösningen
4. Det finns fyra alternativ till lösningen
5. Det finns fem eller fler alternativ till lösningen

Industristandard

0. Lösningen följer ingen industristandard och kan inte anpassas
1. Lösningen följer ingen industristandard men kan anpassas
2. Lösningen följer viss industristandard
3. Lösningen följer viss industristandard och kan anpassas
4. Lösningen följer industristandard
5. Lösningen följer industristandard och kan anpassas

Modifiering

0. Lösningen kan inte anpassas till framtida förändringar under några omständigheter
1. Lösningen kan anpassas men det ställer stora krav på resten av systemet
2. Lösningen kan anpassas men det ställer vissa krav på resten av systemet
3. Lösningen kan till viss del anpassas till framtida förändringar
4. Lösningen kan lätt anpassas till framtida lösningar
5. Lösningen kan anpassas efter framtida förändringar utan modifieringar

Implementation

0. Lösningen kan inte implementeras
1. Lösningen kan implementeras med viss svårighet
2. Lösningen kan implementeras
3. Lösningen kan implementeras relativt lätt
4. Lösningen kan implementeras lätt
5. Lösningen kan implementeras relativt lätt

Passar i plattformen

0. Påverkar hela systemet
1. Påverkar högt upp i systemet
2. Påverkar i mitten i systemet
3. Påverkar långt ner i systemet
4. Påverkar liten del av systemet
5. Påverkar inte systemet

Tillägg

0. Finns inga andra alternativ till komponenter
1. Finns ett till alternativ till komponenter
2. Finns två till alternativ till komponenter
3. Finns tre till alternativ till komponenter
4. Finns fyra till alternativ till komponenter
5. Finns fem till alternativ till komponenter

Prisintervall

0. Över 5000 kr
1. 4000-5000 kr
2. 3000-4000 kr
3. 2000-3000 kr
4. 1000-2000 kr
5. Under 1000 kr

De nya kriterierna har fått en skala från 0 till 5 där varje steg motsvarar ett poäng. Poängen används för att ge en summa till de olika lösningarna. Med hjälp av den summan går det att se på ett konkret sätt vilken lösning som presterade bäst. Det bestämdes vad varje poäng skulle motsvara för att förhindra potentiella problem med poängsättningen senare. Nedan följer en tabell med hur de olika lösningarna presterade mot de nya kriterierna.

Tabell 4.5: Jämförelsematrix av lösningsalternativ med gamla kriterier

Lösningarna	Lösning 1	Lösning 2	Lösning 3	Lösning 4	G3 (nuvarande)
Flera produkter	5	1	0	0	0
Tillgänglighet	5	2	0	1	1
Hållbarhet	5	2	0	1	0
Industristandard	5	1	1	1	1
Modifiering	5	4	1	4	0
Implementation	0	5	1	5	1
Passar plattform	0	4	3	4	4
Tillägg	5	1	1	0	0
Prisintervall	0	3	2	1	3
Summa	25	22	10	17	10

Det blev tydligt att flera av de nya kriterierna var relativt lika varandra. Problemet med kriterier som är lika varandra är att lösningar som presterar bra i de kriterierna kommer få mer poäng. För att få en mer rättvis bedömning bestämdes det att en del av kriterierna skulle tas bort. Poängen för de kriterier som är kvar kommer att följa samma system som tidigare. Nedan följer de kriterier som är kvar samt en ny tabell med vissa icke tekniska kriterier borttagna.

- Finns flera produkter som funkar i lösningen (ex inte bara en kamera eller konverter)
- Hållbarhet (Kommer komponenterna finnas tillgängliga i framtiden)
- Industristandard (Är komponenten gjord för industri)
- Modifierings kapacitet (kan lösningen anpassas efter framtida förändringar i systemet)
- Implementation (Är lösningen lätt att installera/avinstallera)
- Hur bra passar lösningen in i den tekniska plattformen?

Tabell 4.6: Jämförelsematrix av lösningsalternativ med nya kriterier

Lösningsalternativ	Lösning 1	Lösning 2	Lösning 3	Lösning 4	G3 (nuvarande)
Flera produkter	5	1	0	0	0
Hållbarhet	5	1	1	1	0
Industristandard	5	1	1	3	1
Modifiering	5	4	1	4	0
Implementation	0	5	1	5	1
Passar plattform	0	4	3	4	4
Summa	20	16	7	17	6

Utifrån tabell 4.6 var lösning 1 den lösning som presterade bäst. En analys utfördes tillsammans med Rebl Industries där det insågs att lösning 1 inte var genomförbar eftersom den skulle kräva en ombyggnad av hela den tekniska plattformen. Istället valdes lösning 2 och lösning 4 som de lösningar som var bäst lämpade att gå vidare med. De är dessutom relativt enkla och smidiga att installera utifrån hur den nuvarande lösningen såg ut.

4.3 Utvärdering av arbetsmetodik

Den arbetsmetodiken som användes i arbetet med Rebl Industries följer inte helt den arbetsmetodik som togs fram i teorikapitlet. Det berodde på att ändringar behövde göras i och med att det uppstod problem med idéutvärderingen samt brist på tid i testdelen.

Processen började med idégenereringen där specifikationer och krav ställdes på lösningen till kameraproblemet. Det gjordes inte en brainstorming på det sättet som är beskrivet i avsnitt 4.1.2 där medlemmarna i teamet först fick tänka på lösningsalternativ själva och sen sammanställa det i grupp. Istället börjades det direkt med att ta fram idéer och kameraalternativ. Det märktes fort att istället för att ta fram olika alternativ och testa alla för att se vilket som fungerade bäst var det mer aktuellt att jämföra lösningsalternativen direkt och välja ut ett som skulle testas.

Eftersom att det togs fram fyra lösningar som allihopa klarade de tekniska krav som bestämts för att lösa uppgiften behövdes det göras mer jämförelse för att skilja de olika lösningarna och utse vilken som var bäst. Detta var inte någonting som den teoretiska arbetsmetodiken gick in på djupare men som blev tydligt i det praktiska. För att spara tid och undvika att behöva göra om kriterierna under arbetet borde kriterierna analyserats mer från början. Kriterierna ska användas för att jämföra lösningsalternativen på ett konkret sätt.

Testningen användes inte i arbetet med Rebl Industries AB eftersom det gick att ta fram vilken lösning och hårdvara som skulle användas genom information som fanns tillgänglig. Hårdvara köptes in men inga tester har genomförts. I det fall då testerna skulle ha utförts hade det behövts ta fram vad som ska fås ut från testerna, exempelvis om det fungerar med systemet eller om hårdvaran håller för miljön och användningen. Den teoretiska arbetsmetodiken går in på att resultaten från testerna ska utvärderas för att kunna jämföra olika lösningar, men i och med att testerna i verkligheten skulle gå ut på om det valda lösningsalternativet funkade eller ej är den typen av poängsystem onödig.

5

Resultat

Resultatet av denna rapport är en arbetsmetodik för framtagning av hårdvara för automationsindustri, som är framtagen både från teoretiska källor och från ett praktiskt arbete där uppgiften var att ta fram ett kameraalternativ till Rebl Industries workmate. Alla delar användes inte i det praktiska arbetet och därför är testframtagning och testtolkning samma som i den teoretiska arbetsmetodiken. Nedanför följer hur den slutgiltiga arbetsmetodiken är uppbyggd samt ingående förklaringar om de olika delarna i arbetsmetodiken.

5.1 Idégenerering

Arbetsmetodiken börjar med idégenerering. För att idégenereringen ska vara effektiv krävs det att de krav och specifikationer som ställs på hårdvaran är tydligt formulerade. Specifikationerna bör rangordnas utifrån hur viktiga de är i jämförelsen med andra specifikationer.

Utvecklingsgruppen borde bli informerade om vad hårdvaran ska uppfylla och vilka specifikationerna är för att individuellt kunna förbereda sig för en brainstormingsession med gruppen. Tanken är att alla i gruppen ska komma med egna idéer och perspektiv på problemet. Under brainstormingen borde utvecklingsgruppen gemensamt utvärdera varandras idéer med intuition, rationella beslut och frågeställningar för att förstå varandra bättre och bygga på varandras idéer.

5.2 Idéutvärdering

När lösningar har tagits fram ska de utvärderas utifrån de kriterier och specifikationer som bestämts. Om flera lösningar uppfyller de tekniska specifikationerna lika bra ska nya kriterier sättas upp. De nya specifikationerna ska tas fram för att på ett konkret sätt bestämma vilken eller vilka lösningar som är mest lämpade för att lösa problemet utifrån de önskemål som bestämts.

För att kunna välja den bästa lösningen utifrån de kriterier som bestämts behövs ett poängsystem. Den eller de specifikationer som har högst prioritering får högst poäng, och de med lägst prioritering får lägst poäng. Hur skalan är utformad är inte viktigt om det är jämna steg mellan poängen och att skalan används på samma sätt varje gång.

5.3 Testframtagning

Tester utförs om olika hårdvaror behöver jämföras med varandra eller som kontroll till det hårdvarualternativ som valts. Det viktiga är att en utförlig och konkret frågeställning är gjord innan, där frågeställningen är om vad som ska testas och hur. En frågeställning som inte är utförlig och konkret kan leda till att den lösning som inte är bäst lämpad väljs.

5.4 Testtolkning

Tolkningen av testerna beror på vad det är för test som har utförts. Om det är flera hårdvaror som ska testas och jämföras med varandra är det bra att sätta upp poängsystem som gör det lättare att jämföra resultaten och komma fram till ett bästa alternativ. Poängsystemet ska vara viktat utifrån hur de olika kriterierna är rangordnade. Är det däremot bara ett lösningsalternativ som ska testas ligger det mer i fokus om lösningen faktiskt klarar av uppgiften eller inte.

5.5 Lösning till kameran

Användandet av den utvecklade arbetsmetodiken resulterade i att lösningsalternativ 2 och 4 valdes. De valdes eftersom lösning 1 påverkade den tekniska plattformen på för hög nivå och lösning 2 och 4 fick därefter högst poäng i jämförelsen vilket visas i Tabell 4.6.

6

Diskussion

Den teoretiska testframtagningen och testtolkningen användes inte i det praktiska arbetet. De metoderna kan testas i fortsatt arbete för att validera att metoderna är relevanta för test av hårdvara inom automationsindustri.

En väl utförd och genomtänkt testfas leder till minskad åtgång av tid och resurser. Detta betyder att om man applicerar en bra arbetsmetodik blir det inte bara mer lönsamt för företaget utan också bättre för miljön. Om en hårdvara dessutom håller längre för att rätt alternativ valdes till rätt ändamål bidrar det till den hållbara utveckling genom att den då inte behöver bytas ut för ofta.

Några av hårdvarorna som var tänkt till de olika lösningsalternativen gick inte att köpa i Sverige. Det betyder att de måste fraktas långa sträckor vilket kan ha en negativ påverkan på miljön. Ett extremfall var konverteraren i lösning 4 som endast gick att köpa från USA. Då måste en övervägning göras om det är värt att köpa in hårdvaran eller titta vidare på andra alternativ.

7

Slutsats

Huvuddelarna i en arbetsmetodik för val och test av hårdvara är idégenerering, testframtagning och testtolkning. Idégenereringen går ut på att generera och utvärdera idéer och koncept. Den börjar med att specificera de krav och specifikationer som ställs på hårdvaran. Specifikationerna rangordnas utifrån hur viktiga de är och därefter genereras hårdvarualternativ som kan uppfylla de ställda kraven och specifikationerna.

Vid framtagning av tester är det viktigt att frågeställningen är tydlig och konkret för att det ska vara tydligt vad som ska testas och hur. Tester utförs både om olika hårdvaror behöver jämföras med varandra eller för att kontrollera att hårdvarualternativen faktiskt fungerar som det är tänkt.

Hur testtolkningen går till beror på om det är flera hårdvaror som har testats och ska jämföras eller om det är en hårdvara som bara ska uppfylla specifika krav. Oavsett är det bra att sätta upp ett poängsystem som gör det tydligt hur bra hårdvarorna har presterat och som kan användas till jämförelse senare.

Litteratur

- [1] "PoE and PoE+ for industrial applications." (), URL: https://www.welotec.com/poe-and-poe-for-industrial-applications/?utm_term=&utm_campaign=2023+-+Max+Performance+Europe&utm_source=adwords&utm_medium=ppc&hsa_acc=2067246660&hsa_cam=19686346963&hsa_grp=&hsa_ad=&hsa_src=x&hsa_tgt=&hsa_kw=&hsa_mt=&hsa_net=adwords&hsa_ver=3&gclid=CjwKCAjwrDmhBhBBEiwA4Hx5g1IHkEtE2EgWJutzs673o5_qBzX9KfK6N7dyiA5HZtCEUH-AYOuT1xoCsR4QAvD_BwE. (Hämtad: 2023-04-20).
- [2] "Power over Ethernet." (), URL: <https://www.kjell.com/se/kunskap/hur-funkar-det/internet/lokala-natverk/power-over-ethernet>. (Hämtad: 2023-05-14).
- [3] "PoE PSE Introduction and FAQs." (), URL: <https://community.fs.com/blog/poe-pse-comparison-poe-switch-vs-poe-injector.html>. (Hämtad: 2023-05-14).
- [4] "Active or Passive PoE, That is the Question." (), URL: <https://www.netgear.com/blog/business/active-or-passive-poe-that-is-the-question/>. (Hämtad: 2023-05-20).
- [5] K. T. Ulrich och S. D. Eppinger, *Product design and development*. McGraw-Hill Education, 2016.
- [6] S. Friedenthal, A. Moore och R. Steiner, "Chapter 1 - Systems Engineering Overview," i *A Practical Guide to SysML (Third Edition)*, ser. The MK/OMG Press, S. Friedenthal, A. Moore och R. Steiner, utg., Third Edition, Boston: Morgan Kaufmann, 2015, s. 3–14, ISBN: 978-0-12-800202-5. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800202-5.00001-1>. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128002025000011>.
- [7] H. Al-Samarraie och S. Hurmuzan, "A review of brainstorming techniques in higher education," *Thinking Skills and Creativity*, årg. 27, s. 78–91, 2018, ISSN: 1871-1871. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2017.12.002>. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1871187117302729>.
- [8] J. Bäckström, "Konceptutveckling inom produktutveckling," KTH Industriell teknik och management, 2011.
- [9] A. Sukhov och J. Netz, "Hur utvärderas nya idéer?" *MGMT of Innovation and Technology*, nr 1, s. 10–11, 2021.

INSTITUTIONEN FÖR ELEKTROTEKNIK
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige
www.chalmers.se



CHALMERS